

木部材接合部のボルト孔への樹脂充填効果

宮崎大学 学生員 上田 亜矢子
宮崎大学工学部 正員 今井 富士夫

1. はじめに

近年、木構造物は人々の健康や周囲の環境への負荷も小さく、「エコマテリアル」とも呼ばれている。近年、木橋は支間長の拡大や架橋形式の多様化などにより、以前よりも身近なものになりつつある。木橋での部材の連結にはボルト接合が適用されているが、ボルトとボルト孔の隙間によるガタを防止するため、基本的には木部材のボルト孔はボルト径と一致させるようになっている。しかしながら、実際の施工では、ボルト挿入の際にボルト孔の破損やボルトの損傷などが起こる恐れがあるため、多数のボルトを使用する際には、ボルト孔はボルト径より大きくし、その隙間に樹脂を充填してガタを防ぐために隙間を無くすような工法もある¹⁾。その実施例として、かりこぼうず大橋が挙げられる。

このような樹脂が与える影響については、手塚らが研究したものがあり、接合部の強度向上について触れているが、十分なものとは言いがたいように思われる²⁾。

著者らも昨年度、2列かつ1列あたり3本のボルト接合された供試体による実験を実施し、樹脂のボルト孔に対する補強効果を確認している³⁾。

本稿では樹脂効果をより明確にするために、樹脂を含むボルト孔径と同等の径を有するボルトとの比較を耐力力や変形挙動により検討した結果を報告する。

2. 実験概要

供試体は図-1に示すようなもので、木部材の断面は幅×高さ=100mm×160mmの同一等級集成材(L60, E=6000N/mm²)で、鋼板を木部材の両面に配置したものである。

供試体は表-1に示すように、ボルトはφ12mmとφ16mmの2つの種類を使用したボルト孔とボルト径が等しいもの

(以後、打込み型)と、ボルト径φ12mmに対してボルト孔をφ16mmとしてボルトとの隙間に樹脂を充填したもの(樹脂型)を作成した。使用した樹脂は2液式のエポキシ樹脂で圧縮弾性係数は3300N/mm²であり⁴⁾、木部材の弾性係数より

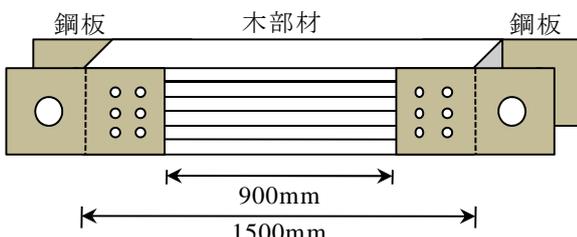


表-1 集成材の基準値

表-1 供試体とボルトの基準値

木部材	F_t	f_t	A	P_a	P_t
	(N/mm ²)		(mm ²)	(kN)	
φ12	17.0	5.67	12400	70	196
φ16			11200	64	176
ボルト	b/d	P_{ba}	F_{ba}		P_y
		(kN)	長期	短期	(kN)
φ12	8.33	5	30	60	90
φ16	6.25	9	54	108	162

も小さいものとなっている。供試体の基準強度は表-1に示すように、ボルトの終局耐力が木部材の引張強度(純断面)よりも小さいものとなっている。

ボルトの配置や繰返し荷重での荷重ステップは、木質構造設計規準・同解説⁵⁾に準拠したものとなっている。

3. 実験結果

図-2は荷重と木部材の鋼板からの引抜け量の関係を示したもので、図中の90kNと162kNは、φ12とφ16のボルトの設計耐力(表-1参照)であり、×印はボルト破壊以前に木部材が引張破壊したものである。

図から明らかなように、樹脂型はφ12の打込み型よりも耐力は増大しており、φ16の打込み型と同等の耐力となっている。しかしながら、樹脂の弾性係数が木部材のそれよりも小さいためボルトが大きく食い込み、引抜きに対する剛性はφ16の打込み型に比べると、それほど改良されていない。

表-2は実験で得られた終局荷重を示したものである。前述したように、打込み型(φ12)と樹脂型はボルト径が同じであるにもかかわらず、樹脂によって1.4倍ほどの耐力の向上が見られる。同様に、打込み型(φ16)の場合と比較すると、耐力は同程度となっている。

繰返し荷重については、漸増荷重よりも0.9倍程度の荷重低下とはなるものの、繰返し荷重においても樹脂の耐力は

表-2 終局荷重とその比較

形式	載荷方法	終局荷重 (kN)	樹脂/打込み	繰返し/漸増	破壊	
打込み	φ16	漸増	205	—	—	
		繰返し	165	—	—	×
	φ12	漸増	146	—	—	
		繰返し	127	—	0.89	
樹脂	漸増	203	1.42	—		
	繰返し	185	1.45	0.91	×	

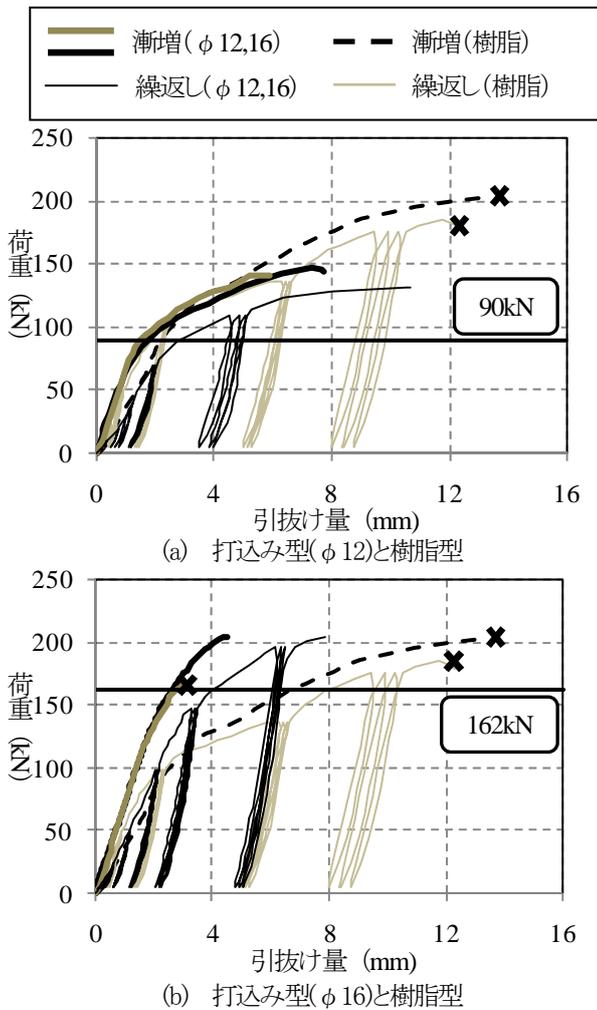


図-2 荷重-引抜け量の関係

打込み型のφ16 とほぼ同程度となっている。

このことは、ボルトとボルト孔の隙間に樹脂を充填する場合、ボルト設計耐力はボルト孔の径を設計計算に用いてよいことを示唆するものである。

図-3に木側面部の繰返し荷重載荷時の樹脂型の終局荷重近傍での10kNあたりのひずみ分布を示す。

測定位置は、鋼板縁端から120mmでボルト列同士の中間の位置である。図中の○と横線は、縦方向のボルトの位置で、

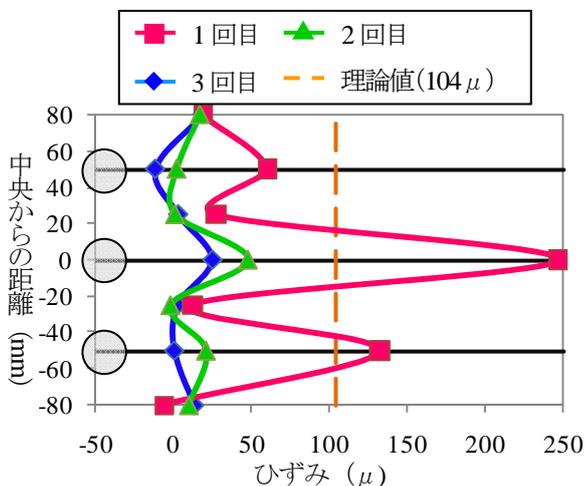


図-3 ひずみ分布(終局荷重近傍)

「理論値」は軸力から求められた理論ひずみである。図より、初期載荷時にはボルト位置に応力が集中するが、載荷回数が増えるとボルト位置でのひずみは低減していく。これはボルト列間の木側面部で測定しているためで、写真-1のように、ボルトが供試体内には大きく食い込み、側面部は木から離れており、応力が発生してないためである。



写真-1 ボルトの曲がり

また、写真-2に破壊状況の写真を示している。(a)は木部の破壊であり、(b)はボルト接合部の終局状態である。今回の供試体は木部材の設計耐力はボルト設計耐力よりも低いものではあったが、近接していたために、(a)のような破壊も生じてしまった。



写真-2 破壊状況

4. まとめ

今回の実験の結果は、ボルトとボルト孔の隙間に樹脂を充填する場合、ボルトの設計耐力はボルト孔の径を設計計算に用いてよいことを示唆するものである。

しかしながら、樹脂の弾性係数が木部材のそれよりも小さいためボルトが大きく食い込み、引抜きに対する剛性はφ16の打込み型に比べると、それほど改良されてはいないため、木部材と同程度の弾性係数を有する樹脂を使用すべきであると考えます。

参考文献

- 1) 土木学会鋼構造委員会木橋技術小委員会：木橋技術の手引き 2005, p.129, 2005
- 2) 手塚升 他：日本建築学会大会学術講演梗概集, その1, その6, その7, その10, その16, 1987~1995
- 3) Fujio IMAI 他：Influence of Resin injected into Bolt Hole on Mechanical Properties of Timber-Steel Connection, 10th World Conference on Timber Engineering, 2008
- 4) アイカ工業株式会社：パンフレット「ジョリシール JB-3W」品質表
- 5) 日本建築学会：木質構造設計基準・同解説, 2007, p.242, p.368